

Väinö Tervonen

VALOKAARIUUNIN MITTAUSJÄRJESTELYN PARANNUSTYÖ

VALOKAARIUUNIN MITTAUSJÄRJESTELYN PARANNUSTYÖ

Väinö Tervonen
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, koneautomaation suuntautumis-
vaihtoehto

Tekijä:	Väinö Tervonen
Opinnäytetyön nimi:	Valokaariuunin mittausjärjestelyn parannustyö
Työn ohjaaja:	Pekka Lahtinen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi:	kevät 2014
Sivumäärä:	28 + 4 liitettä

Tässä työssä suunniteltiin ja toteutettiin laitteisto, joka pitää valokaariuunista lähtevää säteilyä tarkkailevan spektrometrin mittapään luotettavasti oikeassa asennossa ja huolehtii mitta-aukon auki pysymisestä niin, että spektrometrin saama informaatio on jatkuvaa. Laitteiston toimivuus varmistettiin mittapäältä mittalaitteeseen saakka.

Työssä tutkittiin asennuspaikan olosuhteet empiirisesti ja kirjallisuuslähteitä hyödyntäen sekä suunniteltiin ankarien lämpötila- ja pölyolosuhteiden antamien rajoitteiden puitteissa toimivia ratkaisumalleja. Erilaisia ratkaisumalleja arvosteltiin systemaattisen suunnittelumetodi VDI 2222:n mukaan keskenään olosuhteiden ja työssä annettujen vaatimuksien painokertoimien mukaan.

Työn tuloksena on mittapää- ja sylinteriyksiköstä koostuva laitteisto, jossa mittapää saadaan suunnattua portaattomasti mitta-aukkoon, jonka auki pysymisestä sylinterin liike huolehtii. Tämä on toteuttamiskelpoinen, edullinen ja luotettava ratkaisu annettuihin olosuhteisiin nähden. Laitteistoa on hyvä jatkokehittää keilemällä erimallisia iskupäitä, koska näihin olosuhteisiin ei kirjallisuus tarjoa valmiita ratkaisuja.

Laitteiston teolliseen muotoiluun voi tulevaisuudessa kiinnittää huomiota. Tämän työn tavoitteisiin se ei sisältynyt eikä annettu aikataulu sitä myöskään mahdollistanut.

Asiasanat: valokaariuuni, spektrometri, iskupää, anturi, mittalaite, VDI 2222

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
SANASTO	5
1 JOHDANTO	6
2 SYSTEMAATTINEN SUUNNITTELUMETODI VDI 2222	7
2.1 Tehtävän määrittäminen	7
2.2 Luonnostelu	7
2.2.1 Vaatimuslista	8
2.2.2 Abstrahointi	8
2.2.3 Toimintorakenne	9
2.3 Kehittäminen	10
2.4 Viimeistely	11
3 LAITTEISTON SUUNNITTELU	13
3.1 Mittapääyksikön suunnittelu	14
3.2 Sylinteriyksikön suunnittelu	19
3.3 Sylinterin iskupää	22
4 MITTALAITTEISTON SUOJAAMINEN	25
4.1 IP-luokitus	25
4.2 Spektrometrin kotelo	27
5 YHTEENVETO	28
LÄHTEET	29
LIITTEET	30

SANASTO

abstrahointi	yleiskäsitteen muodostamista pelkistämällä
morfologinen kaavio	jäsentelykaavio, jossa osatoiminnot on esitetty pystyri- veittäin ja osatoimintoja vastaavat ratkaisut vastaaville vaakariveille

1 JOHDANTO

Tässä työssä tehdään parannuksia terästehtaan valokaariuunin päälle sijoitettuun spektrometrilaitteistoon, joka mittaa erityisen mitta-aukon kautta uunista lähtevää infrapunasäteilyä. Lämpötila uunin päällä käy tuotannon aikana useissa sadoissa asteissa, joten laitteistoa jäähdytetään paineilmalla. Sula metalli roiskuu voimakkaasti sulatuksen aikana, jolloin sula- ja kuonaroiskeet usein tukkivat mitta-aukon, ja aukkoa avoimena pitävän paineilmasyylinterin toiminnassa on useita puutteita. Itse mittapään suuntaus on usein huono ja mittausdatan saanti häiriytyy. Tässä työssä suunnitellaan, rakennetaan ja testataan laitteisto näihin olosuhteisiin.

Spektrometri ja paineilmasyylinterin ajastin ovat pölyisessä ympäristössä, eikä niitä rakenteellisesti ole suunniteltu kestämaan pölyrasitusta. Suojauksena toimii tilapäisratkaisu, jonka tilalle kehitetään tässä työssä pysyvä suojaus.

Uunin kansi liikkuu, mikä aiheuttaa johdotukselle vetelyjä ja mekaanisia rasituksia mittapäälle sekä sylinterille. Tämän lisäksi uunin päällä esiintyy liekehdintää ja sularoiskeita, jotka voivat vahingoittaa laitteistoa. Myös näihin ongelmiin on tilapäismenetelmä, joka tulee korvata tehokkaalla ja pysyvällä ratkaisulla.

Lopullisena tavoitteena on luoda laitteisto, joka kykenee näissä olosuhteissa luotettavasti varmistamaan spektrometrin häiriöttömän toiminnan. Ratkaisun on myös täytettävä edullisuudesta ja käytön helppoudesta annetut reunaehdot.

2 SYSTEMAATTINEN SUUNNITTELUMETODI VDI 2222

VDI 2222 on tässä suunnittelutyössä käytetty systemaattinen suunnittelumetodi. Se on karkeasti ilmaistuna työ- ja päätösaskeleet yhdistävä ketju, jonka vaiheet ovat tehtävän määrittäminen (informaation vahvistaminen), luonnostelu (periaatteen vahvistaminen), kehittäminen (rakennemuodon vahvistaminen) ja viimeistely (valmistustekniikan vahvistaminen). Metodissa on tarkoitus edetä systemaattisesti vaiheesta toiseen järjestyksessä, vaikkakin paluu taaksepäin on mahdollista, mikäli tulos ei vaikuta tyydyttävältä. Tavoite on välttää sellaista vaiheiden läpikulkua, missä vasta viimeisessä vaiheessa havaittaisiin vakava puute, jonka korjaaminen on välttämätöntä. (1, s. 48.)

2.1 Tehtävän määrittäminen

Työ alkaa ongelman kohtaamisesta, jonka ratkaisu on suunnittelijan tehtävä. Tehtävä tulee määrittää mahdollisimman laajasti ja täydellisesti, jotta suunnittelija tuntee olosuhteiden asettamat reunaehdot mahdollisimman hyvin ja kykenee tuottamaan ongelmalle parhaan mahdollisen ratkaisun. Vaillinainen tehtävän määrittäminen voi johtaa tarpeettomaan uudelleensuunnitteluun myöhemmässä vaiheessa, joten metodi antaa suuren painoarvon tehtävän määrittelylle. (1, s. 62.)

Tehtävän määrittämiseksi on tunnettava vaatimukset, jotka tuotteen on täytettävä. Aseteltaessa tehtävää on usein esitettävä täsmäisiä kysymyksiä, jotta tunnetut vaatimukset olisivat mahdollisimman selkeitä ja tuntemattomat vaatimukset nousevat esiin. Myös vaatimusten tarpeellisuutta voi olla tarpeen arvioida. Tehtävänasettelussa erityistä huomiota on kiinnitettävä huolellisuuteen ja pyrittävä mahdollisimman laajasti pohtimaan, ovatko kaikki reunaehdot varmasti suunnittelijan tiedossa. (1, s. 35.)

2.2 Luonnostelu

Luonnosteluvaiheessa työstetään annetulle tehtävälle periaatteellinen ratkaisu. Vaihe jakautuu useisiin askeliin. (1, s. 48.)

2.2.1 Vaatimuslista

Vaatimuslista muodostetaan tehtävämäärittäsvaiheen perusteella suunnittelijalle annetuista vaatimuksista. Se on luettelo kaikista vaatimuksista, jotka suunnittelijan on toteutettava. Vaatimuksia on kolmea tyyppiä: kiinteä vaatimus (KV), joka on täytettävä kaikissa tilanteissa. Vähimmäisvaatimus (VV) asettaa tietyn vähimmäisrajan, joka on täytettävä. Rajan ylittäminen sallittuun suuntaan ei ole haitallista ja voi olla joskus edullista. Toivomus (T) on sellainen vaatimus, jonka täyttyminen ei ole välttämätöntä, mutta otetaan mahdollisuuksien rajoissa huomioon. (2, s. 80.)

Vaatimukset on mahdollista luokitella tärkeysasteisiin: erittäin tärkeä, tärkeä, vähemmän tärkeä. Joskus se on jopa välttämätöntä kustannustekijöitä ajatellen. Vaatimukset on listattava mahdollisimman selkeästi ja yksikäsitteisesti, mielellään numeroarvoin, mikäli se suinkin on mahdollista. (1, s. 66.)

Vaatimuslista pidetään työn edetessä ajan tasalla ja se on työn perusasiakirja. Se esitetään työn toimeksiantajalle, joka hyväksyy tehtävien määrittelyn vaatimuslistassa (1, s. 64.)

2.2.2 Abstrahointi

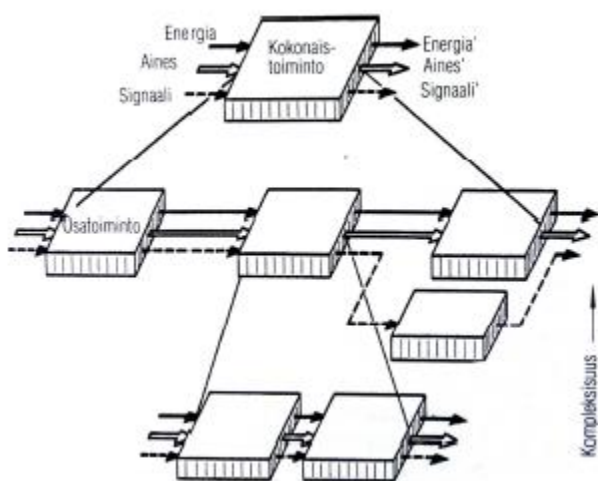
Abstrahoinnissa puretaan ennakkokäsitykset ja mielikuvat. Yksilöllinen ja tilapäinen korvataan yleispätevällä ja olennaisella. Tehtävä hajotetaan toimintojen perusosiksi, jotta toiminnolliset yhteydet löytyvät. Intuitiosta pyritään eroon. Abstrahoinnissa ei siis ajatella, että ”on hitsattava”, vaan ”on saatettava mekaanisesti liikkumattomaan yhteyteen”. (1, s. 73.)

Vaatimuslistan pohjalta abstrahoidessa analysoidaan listattujen vaatimusten toimintoja ja reunaehdoja tehtävän ydinolemuksen selkeyttämiseksi. Tällöin toivomukset ja toiminnon kannalta epäoleelliset vaatimukset jätetään huomiotta, määrälliset vaatimukset muokataan laadullisiksi ja muotoillaan ongelma ratkaisun nähden neutraalisti. Lopputuloksena on ongelman esittäminen mahdollisimman lyhyesti ja tavoitteen määrittely abstraktilla tasolla. (1, s.74.)

2.2.3 Toimintorakenne

Abstrahoimalla tuotettu ongelman muotoilu ilmoittaa tulo- ja lähtösuureiden välisen yhteyden. Tätä yhteyttä kutsutaan *kokonaistoiminnoksi*, joka on laitteen päätehtävä. Useimmiten tehtävä koostuu useasta osatehtävästä, joten myös kokonaistoiminto on jaoteltavissa *osatoimintoihin*. Osatoiminnot muodostavat yhdessä *toimintorakenteen*, joka kuvaa kokonaistoimintoa. (1, s. 81.).

Toimintorakenteen on tarkoitus kuvata kokonaistoimintoa yksinkertaisella ja yksiselitteisellä tavalla. Näin voidaan tunnistaa, erottaa ja erillään kehitellä erityisesti monimutkaisen kokonaistoiminnon mahdollisesti itsessäänkin monimutkaisia osatoimintoja jakamalla ne edelleen uuden kertaluvun osatoimintoihin. Periaate on esitetty kuvassa 1. Toimintorakenteen laajuuden määrää lopulta itse ongelman laajuus. Suunnittelijan tehtävä on etsiä osatoiminnot ja niiden väliset yhteydet ja yhdistää ne optimaaliseksi toimintorakenteeksi. (1, s. 83.)



KUVA 1. Periaatekuva toimintorakenteesta (1, s. 82)

Toimintorakenteen käsitettä voi selventää esimerkin avulla. Konttorituolin kokonaistoiminto on tukea käyttäjän massaa tietyssä asennossa. Tämä kokonaistoiminto voidaan jakaa osatoimintoihin, joita ovat tuolin korkeudensäätö, tuolin rullauskyky lattiaa pitkin, selkänojan säätö ja istuinosan vapaa liikkuvuus runkoosan ympäri. Yhdessä nämä osatoiminnot muodostavat toimintorakenteen, joka vaatimuslistan mukaisesti määrittää konttorituolin.

Luonnosteluvaiheessa etsitään vaihtoehtoja osatoimintojen tuottamiseksi. Tässä vaiheessa vältetään tietoisesti eri vaihtoehtojen arvottamista keskenään tai ylipäättään vaihtoehtojen käyttökelpoisuuden arviointia. Toimintorakenteen pohjalta siis halutaan tuottaa jokaisen osatoiminnon ratkaisevia luonnoksia (1, s. 49).

Kun osatoiminnot on määriteltä ja niille luonnosteltu ratkaisuvaihtoehdot, yhdistetään tulokset jäsentely- eli morfologiseksi kaavioksi. Osatoiminnot jäsenellään pystyyn riveittäin ja ratkaisuluonnokset vaakatasoon sarakkeittain. Yleensä eri osatoiminnoille on esitetty eri määrä ratkaisuluonnoksia, joten riveistä tulee erimittaisia keskenään. Ei ole mielekäästä eikä useimmiten mahdollistakaan yhdistää jokaista edellisen osatoiminnon ratkaisuluonnosta seuraavan rivin jokaiseen vastaavaan, joten kaaviosta voidaan karsia pois tarpeettomat vaihtoehdot ja käydä läpi vain toteuttamiskelpoiset ratkaisupolut. Kalliit, vaikeasti toteutettavat ja ehdollisesti toteutuvat vaihtoehdot hylätään. (2, s 89; 1, s.121; 5, s.97)

Valintataulukoon kootaan vaatimuslistan tärkeimmät kriteerit ja merkitään täyttääkö kukin arvioitavan valintapolun ratkaisuvaihtoehto vaatimuksen (+) vai ei (-), tarvitaanko lisää tietoa (+) vai onko vaatimuslistaa muutettava (!). Päätökset ja huomautukset kirjataan omalle sarakkeelleen. (2, s. 91.)

Valintataulukosta edelleen valittuja ratkaisuyhdistelmiä arvioidaan edelleen. Yksi tapa optimoida lopputulosta on asettaa painokertoimia halutuille ominaisuuksille, ja antaa arvosana kunkin ratkaisuluonnoksen kyvylle täyttää ne. (3, s. 22.)

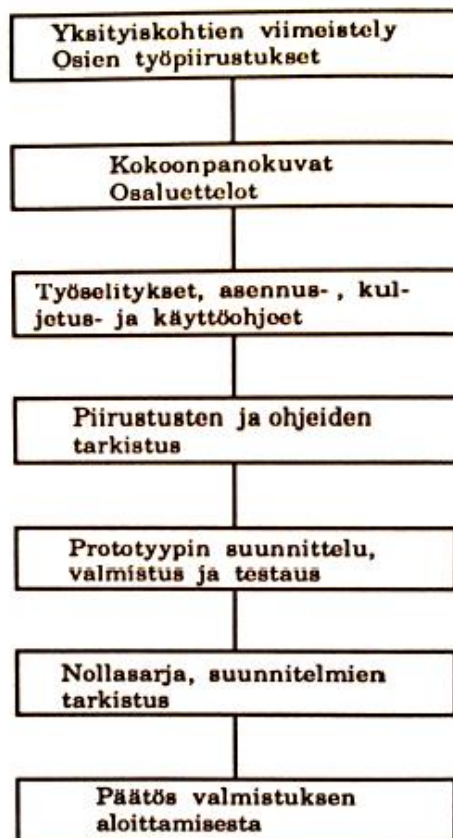
2.3 Kehittely

Kehittelyvaiheessa tuoterakenne kehitetään periaatteellisesta ratkaisusta konkreettiseksi tuotteeksi. Ratkaisun rakennemuoto vahvistetaan. Tässä vaiheessa päähuomio on materiaalien, valmistusmenetelmien ja osien yhteensopivuuden lukkoon lyömisessä. Aikaisemmista vaiheista poiketen kehittelyvaihe ei etene täsmällisesti yhdestä askeleesta toiseen, vaan askeleet tyypillisesti vuorottelevat ja korjaavat toisiaan kehittelyn edetessä. Osatoimintoja työestetään rinnakkaisesti ja yhdessä tapahtunut muutos voi vaikuttaa toisiin. (1, s 176.)

Voidaan kuitenkin eritellä erilaisten päätösten hierarkia ja järjestys: Toiminnalliset ja mittavaatimukset täytetään ennen rakennemuodon päättämistä. Tämän jälkeen edetään valmistusmenetelmiin, osahankintoihin ja edelleen mitoitukseen. Kehittelyvaiheen etenemistä voi kuvailla asteittaisena etenemisenä laadullisesta määrälliseen, abstraktista konkreettiseen ja karkeasta luonnoksesta tarkkaan kokoonpanopiirustukseen. (1, s. 177.)

2.4 Viimeistely

Viimeistelyvaihe on systemaattisen suunnittelun viimeinen työvaihe. Se voidaan jakaa kuvan 2 mukaisiin työaskeliin. Tämän vaiheen tärkeimpiä päätöksiä ovat käytettävien materiaalien, valmistusmenetelmien, toleranssien ja pintakäsittelyjen määrääminen Vastaavasti vaiheen tärkeimmät dokumentit ovat työpiirustukset, kokoonpanopiirustukset, osaluettelot ja tarvittavat valmistusasiakirjat. (4, s. 99; 1, s. 458).



KUVA 2. Viimeistelyn työvaiheet (4, s.100)

Yksityiskohtien viimeistelyssä ratkaistaan komponenttien valmistusmenetelmät, mahdollisesti käytettävät standardiosat, haluttu toleranssiaste jne. Tässä vaiheessa laaditaan osien työpiirustukset. (4, s. 99).

Seuraavassa askelessa osista kootaan rakenteita ja luodaan kokoonpanopiirustukset sekä niitä vastaavat osaluettelot. Toimintajärjestyksen tässä askelessa määräävät toimitusajan, toivotun valmistusjärjestyksen, kuljetuksen ja asennuksen tarpeet. (1, s. 459).

Kolmannessa askelessa laadittavat työselitykset ovat osa- ja kokoonpanopiirustuksia tarvittaessa täydentäviä asiakirjoja. Niissä otetaan huomioon valmistukseen liittyviä tarpeita, kuten kyllästysmenetelmiä, korroosiolta suojautumista ja pintakäsittelyä. Tarpeen vaatiessa luodaan myös kuljetukseen, asennukseen ja käyttöön liittyviä ohjeita (4, s. 100).

Mikäli laitteesta valmistetaan prototyyppi, edeltäviin askeliin tullaan suurella todennäköisyydellä palaamaan. Prototyypivaiheessa suunnitellaan, valmistetaan ja testataan prototyyppi, jonka tulokset analysoidaan huolellisesti. Prototyyppiä ei välttämättä valmisteta näin myöhäisessä vaiheessa, vaan suunnittelutyön luonteesta riippuen se voidaan valmistaa jopa luonnosteluvaiheessa. (4,s.102).

Prototyypin on tarkoitus koestaa laitteen teknisiä ja taloudellisia ominaisuuksia ja paljastaa suunnittelussa tapahtuneet piilevät virheet. Nollasarja puolestaan on erityisesti edullisten massatuotantotuotteiden tutkimus- ja testausmenetelmä. Se eroaa prototyypistä siten, että se koestaa myös valmistusmenetelmiä ja -kustannuksia. (4, s. 99).

3 LAITTEISTON SUUNNITTELU

Projekti käynnistettiin VDI 2222:n mukaisesti tehtävän asettamisella lähtötietomuistiossa (liite 1). Kun tehtävä oli asetettu, alettiin hahmottaa työssä tärkeitä avainkohtia ja periaatteita. Tärkeintä on, että spektrometri pystyy toimimaan useiden viikkojen mittausjakson ajan ilman huolto- tai korjaustarvetta. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi täytyy mittapää pystyä suuntaamaan oikein ja saada se pysymään tässä asennossa. Valokaariuunin olosuhteiden, lähinnä kuonaroiskeiden, vuoksi mitta-aukkoa puolestaan täytyy pitää mekaanisesti auki. Tämä päätettiin toteuttaa mittapään suojaputkineen sisältävällä mittapääyksiköllä ja tästä erillisellä sylinteriyksiköllä.

Mittapään uuden kiinnityksen suunnittelu katsottiin työssä ensisijaiseksi kohteeksi. Vanhaan ratkaisuun käytiin tutustumassa Outokummun Tornion tehtaan valokaariuuni 2:n päällä ja ratkaisun heikkoudet ja toimintahäiriöt kartoitettiin. Kiinteästi kanteen irto-osista hitsattu tilapäisteline pääsi heilumaan, eikä mittapää aina pysynyt halutussa suunnassa. Paineilmasyylinteri oli kiinnitetty vastavalla tavalla, ja ilmeisesti männän liikkeen vuoksi tuenta oli päässyt taipumaan vielä enemmän, jolloin männän pää oli jäänyt jumiin mitta-aukkoon ja kuuma kuona oli sulattanut männänvarren poikki. Uunin aukoista lentävä kuonapöly myös jumiutti ruuveja, joilla mittapää ja sylinteri olivat telineeseen kiinnitetty. Kiinteä rakenne ei myöskään ole toivottava, koska uunin kannen elinkaari on rajallinen ja laitteisto joudutaan siirtämään uuteen kanteen. Myös mitta-aukon paikka saattaa vaihdella.

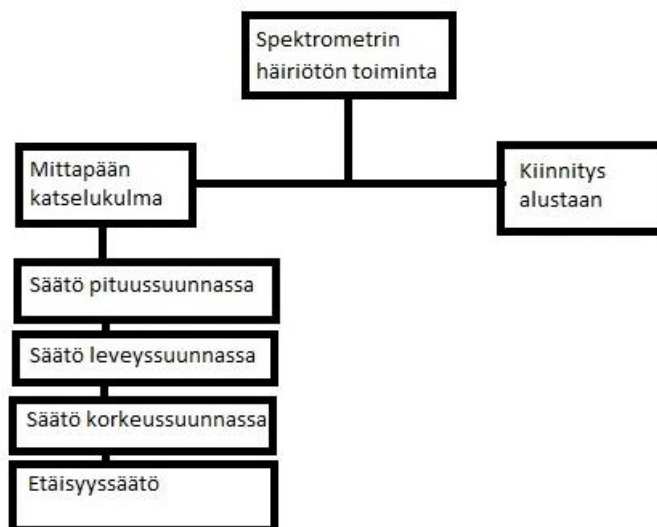
Uusi ratkaisu suunniteltiin tältä pohjalta ja eliminoitiin mahdollisimman monta näistä ongelmista. Tunnetuista vaatimuksista ja olosuhteista muodostettiin laitteiston suunnittelua ohjaava vaatimuslista (taulukko 1).

TAULUKKO 1. Vaatimuslista

VAATIMUSLUOKKA	VAATIMUS	TÄRKEYS
	MITAT	
VV	Paino alle 60 kg	X
VV	Ulkomitat alle 1 200 x 1 200 x 1 200 mm	X
	ENERGIA	
KV	Käyttövoimana paineilma	XX
	MATERIAALIT	
VV	Materiaalien on kestävä 1 000 °C piikkilämpötiloja	XXX
	TURVALLISUUS	
KV	Laitteen vikaantuminen ei saa johtaa mittapään tuhoon	XXX
	KULJETUS	
KV	Oltava yhden henkilön liikuteltavissa	X
	KÄYTTÖ	
KV	Ei saa vaatia erityisjärjestelyjä	X
KV	Itsenäinen operointi	XX
KV	Oltava helposti säädettävissä	XX
KV	Mittalaitteen toiminta varmistettava	XXX
	KUSTANNUKSET	
T	Laitteen hinta ei saa ylittää 1000 euroa	X

3.1 Mittapääyksikön suunnittelu

Kun tehtävän määrittelyn ja vaatimuslistan pohjalta tunnettiin reunaehdot ja tavoitteet, muodostettiin vaadittavan mittapääyksikön toimintorakenne. Kokonaistoiminto jaettiin edelleen osatoimintoihin kuvan 3 mukaisella tavalla.



KUVA 3. Mittapääyksikön toimintorakenne

Jokaiselle osatoiminnolle ideoitiin vähintään kaksi ratkaisuvaihtoehtoa. Ne järjesteltiin morfologiseen jäsentelykaavioon taulukon 2 mukaisesti.

TAULUKKO 2. Mittapääyksikön morfologinen kaavio

	Ratkaisu			
Osatoiminto	A	B	C	D
Kiinnitys alustaan	Ruuviliitos kanteen	Hitsattu kisko + kulkuri	Niitattu kisko + kulkuri	
Pituussäätö	Sokkatappitanko	Kulkuri + kiristinruuvi	Kierretanko + kiristysmutteri	Reikämatriisi + kiristysmutteri
Leveyssäätö	Sokkatappitanko	Kulkuri + kiristinruuvi	Kierretanko + kiristysmutteri	Reikämatriisi + kiristysmutteri
Pystysäätö	Sokkatappitanko	Kulkuri + kiristinruuvi	Kierretanko + kiristysmutteri	Reikämatriisi + kiristysmutteri
Etäisyyssäätö	Ruuvikiristin	Sokkatappi		

Vanha ratkaisu oli kulma- ja pyörötangoista hitsattu teräsrakenne, joka oli hitsattu suoraan kiinni uunin kanteen. Rakenne oli herkkä suuntauksen epätarkkuuksille asennusvaiheessa eikä juuri sallinut säätöjä jälkikäteen. Kiinteä asennus ei myöskään ollut toivottava, koska uunin kannen elinkaari on rajallinen, joten mittapää tulee pystyä asentamaan suhteellisen helposti uuteen kanteen. Säätövara kaivataan myös siksi, ettei mitta-aukon sijainti ole kannessa vakio, vaan se teetetään jokaiseen yksilölliseen kanteen erikseen.

Uutta kiinnitysratkaisua suunniteltaessa arvioitiin mallia, jossa käytettäisiin kanteen porattavia ja kierteitettäviä reikiä, joihin uusi teline olisi kiinnitetty vahvoilla kierretangoilla tai ruuveilla. Tämän ratkaisuehdotuksen heikkoutena kierteet ja poraukset jouduttaisiin tekemään hankalasti käsityökaluin kannen suuren koon vuoksi. Tällainen ratkaisu olisi myös yhtä altis asennuksen epätarkkuudelle kuin vanha malli.

Toinen ratkaisumalli oli kanteen hitsattava kisko, jossa sekä mittapää että sylinteri liikkuvat erityisillä kulkureilla ja kiinnitetään sopivaan asemaan ja kulmaan kiristysruuveilla. Tämä ratkaisu olisi edullinen, koska kanteen hitsataan vain yksi

suhteellisen pieni ja halpa osa ja säätövaraa on käytössä runsaasti. Ruuvien kiristysvoiman arvioitiin ylittävän toiminnassa ilmenevät vaakavoimat, koska laitteeseen ei normaalin toiminnan aikana kohdistu erityisen voimakkaita iskuja ja ruuviratkaisun portaattomuus korvaa kiristysvoiman vähäisyyden verrattuna toisena mallina pohditun sokkakiinnityksen tukivoimaan.

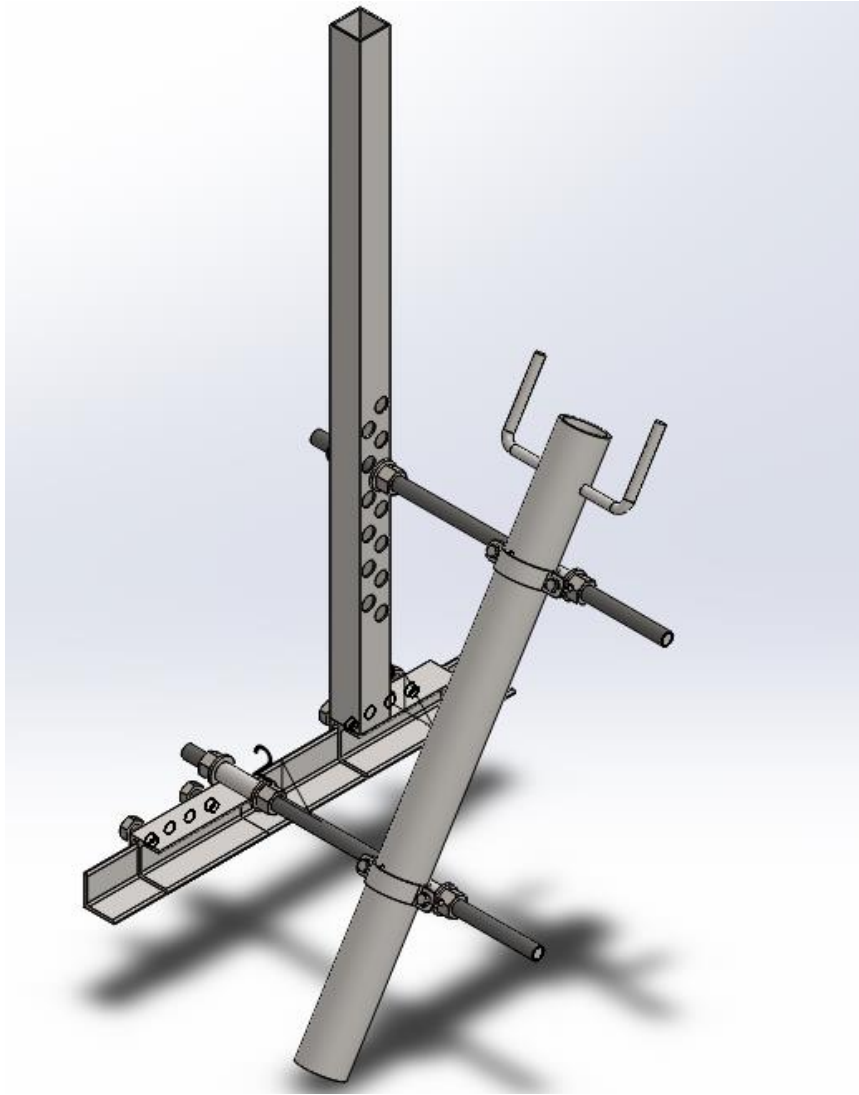
Leveyssuunnassa säätövara haluttiin portaattomaksi mitta-aukon sijainnin epästandardisuuden vuoksi. Myös tähän suuntaan harkittiin portaallista sokkatappimallia, mutta tällöin heikkoudeksi olisi jäänyt se, että sylinterin iskupää olisi saattanut joutua olemaan liian lähellä mittapään katselulinjaa ja peittää uunista tulevan säteilyn. Tällainen asennushäiriö on luonteeltaan kriittinen, joten riski sen syntymiseen haluttiin eliminoida, ja päädyttiin toteuttamaan leveyssäätö kierretangon ja mutterikiristysten avulla.

Korkeussuunnassa vaikuttaa aina painovoima, joten pystysäädössä turvauduttiin toiminnallisuuden varmistamiseksi reikien ja kierretangon yhdistelmään. Ratkaisu on portaallinen, mutta vaakasäädön ollessa portaaton. Suuntaus siis onnistuu kaikissa tilanteissa. Säätövaraa lisättiin sijoittamalla reiät pystyrakenteeseen siksak-kuvioon, jolloin säätöporras puolittuu.

Rakenteeksi valittiin teräksinen neliöputki, johon on porattu yhteensä 15 13 mm:n läpäreikää kahteen vierekkäiseen riviin. Tanko on kiinnitetty pienahitsillä koko kiinnityssauman ympäri kahdesta L-raudasta hitsattuun kulkuriin, jossa on neljä kierrereikää (M10) kiristysruuveja varten. Nämä ruuvit kantavat ottavat vastaan neliöputken alapäähän kohdistuvat voimat.

Etupäässä ei ole pystysäätöä, vaan samanlaiseen kulkuriin kuin takapään tapauksessa on kiinnitetty pienahitsillä sisähalkaisijaltaan 13 mm:n teräsholkki. Myös tässä kuormitukset otetaan vastaan kiristysruuveilla.

Mittauskulmaa voidaan säätää muuttamalla portaattomasti etu- ja takapään keskinäistä etäisyyttä kummasta päästä tahansa ja pystysuuntaa portaallisesti 7,5 mm:n välein. Kokonaisuutena kulman säätö on kiskon riittävän liikepituuden ansiosta täysin portaaton. Kokonaisuudessaan ratkaisu on esitetty kuvassa 4 ja liitteessä 2.



KUVA 4 Mittapääyksikön 3D-malli

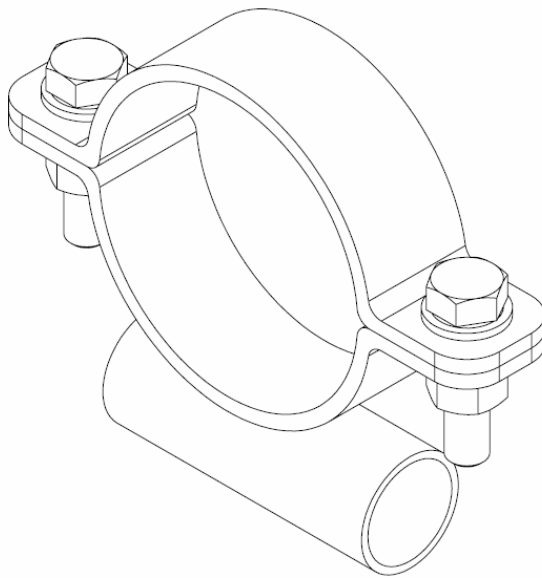
Ratkaisu on altis pölylle, joten sen haitallista vaikutusta pyrittiin määrätietoisesti vähentämään ensisijaisesti käyttämällä riittävän paksua kierretankoa. Myös entisen ratkaisun yhteydessä osia oli kiinnitetty toisiinsa M12-ruuveilla, joiden todettiin avautuvan viikkojen pölyaltistuksen jälkeenkin suhteellisen pienellä vaivalla, joten päädyttiin käyttämään samaa kierrettä. Kierteen paksuuden liika kasvattaminen olisi myös syönyt pystysuuntaista säätövaraa, eikä tätä riskiä haluttu tarpeettomasti ottaa.

Osat myös suojataan aluslevyin ja tarvittaessa kaksinkertaisin mutterein. Mikäli kierre menisi pölystä tukkoon, tanko on aina katkaistavissa käsityökaluin ja

korvattavissa edullisesti samassa yhteydessä, kun laitteisto joka tapauksessa puretaan ja asennetaan uuteen kanteen. Ratkaisun puolesta puhui myös jäykkyys ja mekaaninen toimintavarmuus

Mittapään asennuskulma mitta-aukkoon nähden on suunnittelussa tärkein kriteeri. Aukon on tarkoitus olla kannessa 30 asteen kulmassa pystysuoraan nähden, mutta aukon kaltevuutta ja sijaintia ei ole käytännössä standardoitu. Mittapään on kuitenkin oltava mahdollisimman samassa linjassa aukon kanssa, joten mittapään toteutettiin myös tarkin säätövara

Mittapään kiinnitysholkki koostuu 40 mm:n putkikiinnikeparista, joista toiseen on hitsattu sisähalkaisijaltaan 13 mm:n teräsholkki (kuva 5). Putkikiinnikkeen kiristysruuveilla saadaan tasainen kiristysvoima ympäri mittapään suojaputken ja ratkaisu on yksinkertainen, edullinen sekä kestävä. Kiinnitysholkkeja on yhteensä kaksi, ylä- ja alapäälle oma. Rakenne mukailee vanhaa ratkaisua, mutta on yksinkertaistettu eikä vaadi purettaessa yhtä suurta voimaa pienemmän kierrekoon ansiosta.



KUVA 5. Mittapään kiinnitysholkki

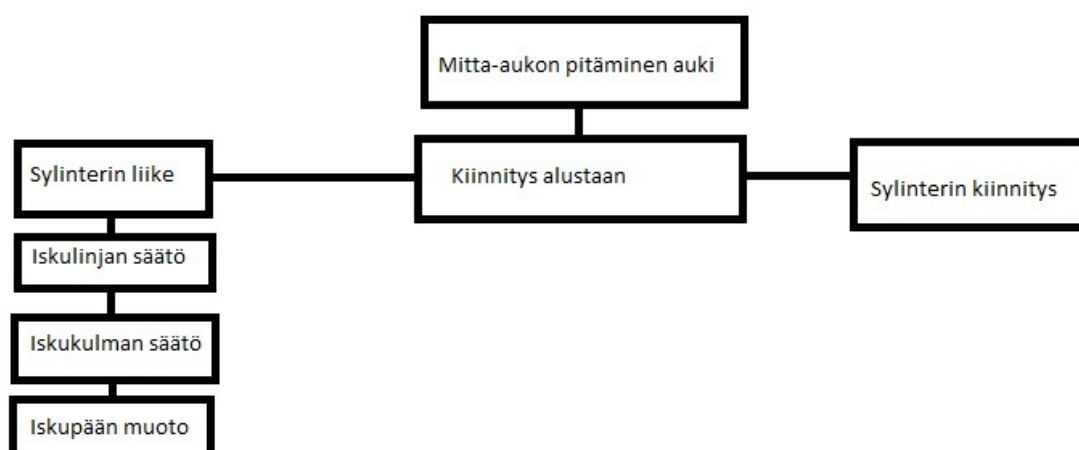
Mittapääkokoonpanon ratkaisuyhdistelmäksi muodostui siis B-B-C-D-A kuvan 6 mukaisesti. Koottu mittapääkokoonpano on esitetty liitteessä 2.

	Ratkaisu			
Osatoiminto	A	B	C	D
Kiinnitys alustaan	Ruuviliitos kanteen	Hitsattu kisko + kulkuri	Niitattu kisko + kulkuri	
Pituussäätö	Sokkatappitanko	Kulkuri + kiristinruuvi	Kierretanko + kiristysmutteri	Reikämatriisi + kiristysmutteri
Leveyssäätö	Sokkatappitanko	Kulkuri + kiristinruuvi	Kierretanko + kiristysmutteri	Reikämatriisi + kiristysmutteri
Pystysäätö	Sokkatappitanko	Kulkuri + kiristinruuvi	Kierretanko + kiristysmutteri	Reikämatriisi + kiristysmutteri
Etäisyysssäätö	Ruuvikiristin	Sokkatappi		

KUVA 6. Mittapääyksikön valittu ratkaisupolku morfologisessa kaaviossa

3.2 Sylinteriyksikön suunnittelu

Laitteistolle asetetun vaatimuslistan ja tehtävän määrittelyn pohjalta muodostettiin sylinteriyksikölle toimintorakenne. Kokonaistoiminto jaettiin edelleen osatoimintoihin kuvan 7 mukaisella tavalla.



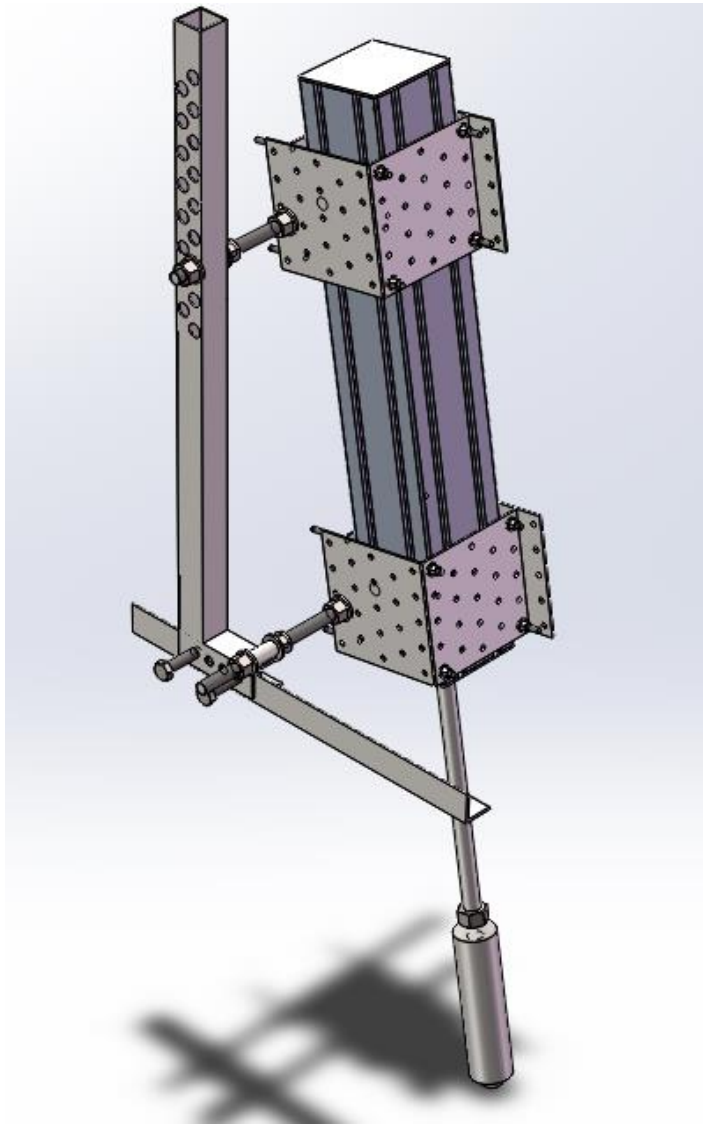
KUVA 7. Sylinteriyksikön toimintorakenne

Jokaiselle osatoiminnolle muodostettiin vähintään kaksi ratkaisuvaihtoehtoa. Ne järjesteltiin morfologiseen kaavioon taulukon 3 mukaisesti.

Taulukko 3. Sylinteriyksikön morfologinen kaavio

	Ratkaisu		
Osatoiminto	A	B	C
Kiinnitys alustaan	Hitsattu kisko + kulkuri	Hitsattu kisko + 2 kulkuria	Hitsattu kisko sokkatapein
Sylinterin kiinnitys	Ruuvikiristin	Ruuvikiristinkehikko	
Iskulinjan säätö	Sokkatappitanko	Kulkuri + kiristysruuvi	Kierretanko + kiristysmutteri
Iskululman säätö	Sokkatappitanko	Reikämatriisi + kiristysmutteri	
Iskupään muoto	Pallopää	Kartiopää	Nyrkkipää

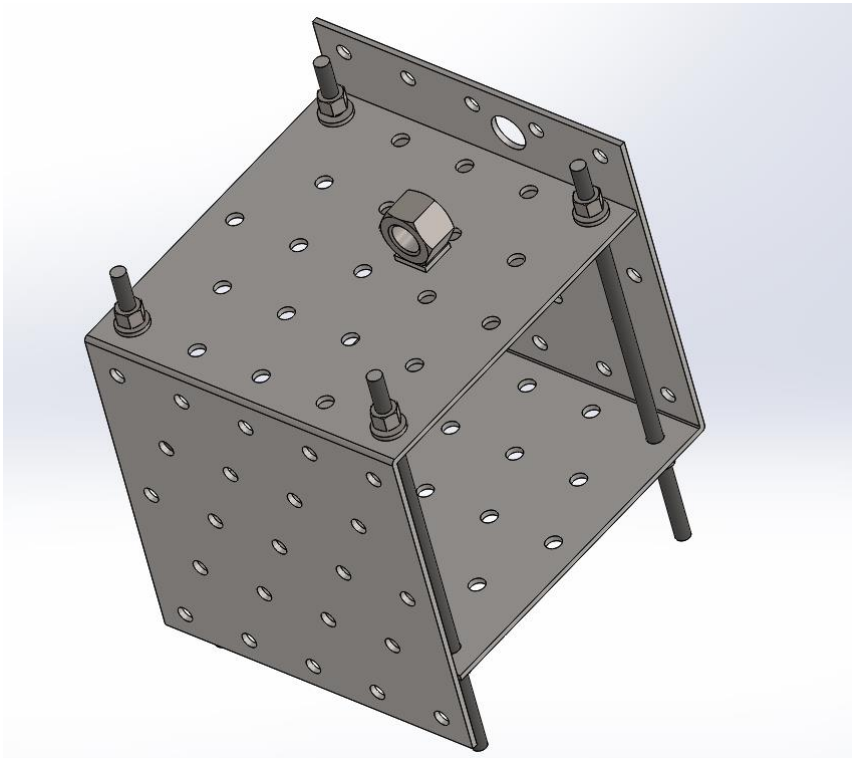
Sylinterin kiinnityksessä kannen kiskoon tärkeäksi katsottiin kompaktin ratkaisun aikaansaaminen, jotta mittapäälle saadaan enemmän säätövaraa. Tästä syystä sylinterin kiinnityksessä on käytetty vain yhtä kulkuria, johon on hitsattu samanlainen neliöputkipalkki kuin mittapään tapauksessa. Reikäkuvio on vastaava, mutta sijaitsee ylempänä ja reikiä on yhteensä 16 kahdessa rivissä. Kulkurin etupäässä on myös hitsattu holkki sylinterin alapään kiinnityksen kierretankoa varten. Ratkaisu on esitetty 3D-mallina kuvassa 8 ja koottuna liitteessä 3.



KUVA 8 Sylinterikokoonpanon 3D-malli

Sylinterin kiinnityskehikon suunnittelussa haettiin tasaista kiristysvoimaa, sillä sylinterin runko on alumiinia eikä männän liikerataa haluttu vaarantaa sylinterin seinän taipumilla. Siksi valittiin neljästä nurkasta pienellä kierretangolla ja vastamuttereilla kiristettävä teräslevy, vaikka aluksi harkittiin kiristystä M12-muttereilla suoraan sivusäätötankoon. Kiinnitykseen käytettiin 120x120x2 mm:n kulmarautoja 5 mm:n reikäkuviolla, koska sellaisia löytyi valmiina ja ratkaisu oli taloudellisesti ja ajankäytöllisesti edullinen. Suuri kiristyspinta-ala takaa alumiinirungon rakenteellisen eheyden säilymisen.

Reikäkoko ratkaisi kierretangon vahvuudeksi M5. Kierretankoa varten hitsattiin M12-mutteri kiinnikkeeseen toisen puolikkaan kanteen, mikä on tukivoimien kannalta ihanteellinen suunta. Toiseen kulmarautaan vastaavasti porattiin 13,5 mm läpivientireikä sivusääötankoa varten, mikä omalta osaltaan tuo rakenteeseen lisää varmuutta. Kiinnityskehikon jäykkyys ja toimivuus osoittautui testattaessa yllättävän hyväksi. Sylinterin kiinnike on esitetty kuvassa 9 ja liitteessä 3.



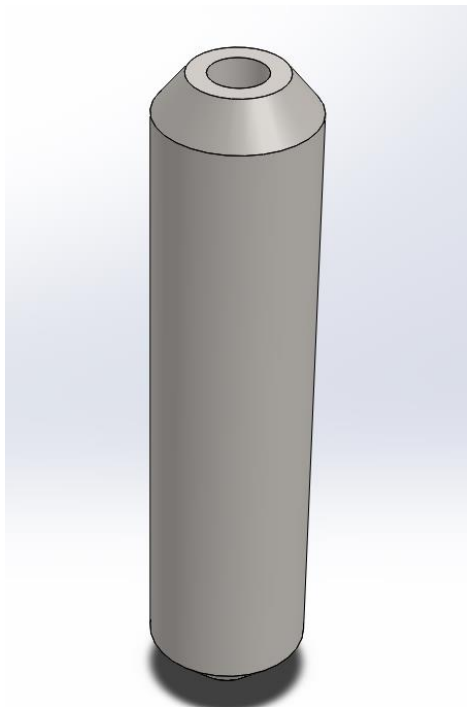
KUVA 9. Sylinterin kiinnikkeen 3D-malli

3.3 Sylinterin iskupää

Sylinteriin oli alun perin kiinnitetty terästangon palanen, jonka päähän oli kierteitetty sopiva kierre jolla se kytkeytyi sylinteriin. Iskupää oli operoinnin aikana jäänyt ala-asentoon uunin sisälle liian pitkäksi aikaa ajastimen virheellisen asetusajan vuoksi, jolloin siihen oli ilmeisesti ehtinyt kertyä suuri määrä kuonaa eikä se ollut päässyt takaisin ulos mitta-aukon kautta. Aukottomasti syytä häiriöön ei pystytty selvittämään, sillä iskupää oli tuhoutunut kokonaan eikä sitä voitu tutkia.

Ongelman ratkaisemiseksi pohdittiin erilaisia iskupään muotoja ja sitä, miten ne käyttäytyvät kohdatessaan osin pölisevää, osin sulaa, osin kovaa ja kiinteää kuonaa. Pääteltiin, että pallopäinen iskupää saattaisi kerätä erityisesti sulaa kuonaa pallon taakse ja takertua. Samoin teräväkärkisen pääteltiin puhkaisevan kuonakerrokseen vain pienen reiän, josta se ei välttämättä pääsisi sylinterin miinusliikkeellä perääntymään, mikäli kuona on tiheää. Nyrkkipäinen iskupää on lieriö, jonka molempiin päihin on sorvattu katkaistun kartion muotoinen viiste. Tylpän pään pääteltiin takertuvan kuonaan heikoiten ja viisteiden keräävän irtokuonaa vähiten. Viisteet myös ohjaavat iskupäätä mitta-aukossa sekä plus- että miinusliikkeen aikana ja vähentävät näin todennäköisyyttä, että suuri ja kova kuonakimpale painaisi iskupäätä mitta-aukon reunaan niin, että tukivoima ylittäisi sylinterin miinusliikkeen vetovoiman.

Laitteistoon oli jo aiemmin tilattu uusi sylinteri, jonka männänvarren kierre oli M16x1,5. Iskupää valmistettiin 175 mm pitkästä teräksisestä pyörötangosta ($D = 40\text{ mm}$), jonka molemmat päät viistettiin. Iskupään muoto on esitetty 3D-mallina kuvassa 10.



KUVA 10. Sylinterin iskupään 3D-malli

Viisteiden tarkoitus on estää iskupäätä takertumasta mitta-aukon reunoihin. Ensimmäisessä iskupäässä ei ollut takapään viistettä, ja se oli ilmeisesti jäänyt mitta-aukon reunaan kiinni mahdollisesti sulariskeen vuoksi. Uuniin juututtuaan iskupäästä oli sulanut yli puolet pituudesta pois, joten tilalle tehtiin uusi ja lisättiin takapäähän hieman etupäätä loivempi viiste. Parannus oli merkittävä, koska iskupään toiminnassa ei ole esiintynyt häiriöitä uuden pään asennuksen jälkeen.

Kokonaisuudessaan sylinterikokoonpanon ratkaisupolku on siis A-B-C-B-C kuvan 11 mukaisesti. Laitteistoa kokonaisuudessaan on esitetty liitteessä 4.

	Ratkaisu		
Osatoiminto	A	B	C
Kiinnitys alustaan	Hitsattu kisko + kulkuri	Hitsattu kisko + 2 kulkuria	Hitattu kisko sokkatapein
Sylinterin kiinnitys	Ruuvikiristin	Ruuvikiristinkehikko	
Iskulinjan säätö	Sokkatappitanko	Kulkuri + kiristysruuvi	Kierretanko + kiristysmutteri
Iskulikulman säätö	Sokkatappitanko	Reikämatriisi + kiristysmutteri	
Iskupään muoto	Pallopää	Kartiopää	Nyrkkipää

KUVA 11. Sylinteriyksikön valittu ratkaisupolku morfologisessa kaaviossa

4 MITTALAITTEISTON SUOJAAMINEN

Mittalaitteiston suojana toimi vanhassa laitteistossa paksusta pahvista ilmastointiteipillä pölyeristetty suojus. Ratkaisu oli tarkoitettu väliaikaiseksi vaiheessa, jolloin laitteen toimintaa vielä kokeiltiin. Lopulliseen ratkaisuun kaivattiin tyydyttävää pölytiivyyttä, suojaa mahdollisilta vesiroiskeilta ja kohtuullista mekaanista suojaa vahinkojen ja varomattoman käsittelyn varalta. Näistä pölytiivyyden tiedettiin olevan normaalin käyttöympäristön kannalta tärkein eli ehdoton vaatimus.

4.1 IP-luokitus

Euroopassa käytetään yleisesti IP-luokitusta kuvaamaan elektroniikan koteloinnin suojaustasoa pölyä ja roiskeita vastaan. Luokituksen sisältö on määritetty standardissa IEC 60529. Luokitus ilmaistaan etuliitteellä IP (International Protection) ja kahdella numerolla, joista ensimmäinen ilmaisee suojaustason pölypartikkeleita ja toinen vesiroiskeita vastaan. Luokitustasot on esitetty taulukossa 4. (6, s.1.)

Taulukko 4. IP-luokituksen suojaustasot (6, s.1)

First Digit: Solids

The first digit indicates the level of protection that the enclosure provides against access to hazardous parts (e.g., electrical conductors, moving parts) and the ingress of solid foreign objects.

Level	Object Size Protected Against	Effective Against
0	–	No protection against contact and ingress of objects
1	>50 mm	Any large surface of the body, such as the back of the hand, but no protection against deliberate contact with a body part
2	>12.5 mm	Fingers or similar objects
3	>2.5 mm	Tools, thick wires, etc.
4	>1 mm	Most wires, screws, etc.
5	Dust Protected	Ingress of dust is not entirely prevented, but it must not enter in sufficient quantity to interfere with the satisfactory operation of the equipment; complete protection against contact
6	Dust Tight	No ingress of dust; complete protection against contact


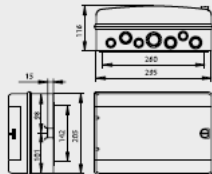
Second Digit: Liquids

Protection of the equipment inside the enclosure against harmful ingress of water.

Level	Protected Against	Effective Against
0	Not protected	–
1	Dripping water	Dripping water (vertically falling drops) shall have no harmful effect.
2	Dripping water when tilted up to 15°	Vertically dripping water shall have no harmful effect when the enclosure is tilted at an angle up to 15° from its normal position.
3	Spraying water	Water falling as a spray at any angle up to 60° from the vertical shall have no harmful effect.
4	Splashing water	Water splashing against the enclosure from any direction shall have no harmful effect.
5	Water jets	Water projected by a nozzle (6.3mm) against enclosure from any direction shall have no harmful effects.
6	Powerful water jets	Water projected in powerful jets (12.5mm nozzle) against the enclosure from any direction shall have no harmful effects.
7	Immersion up to 1 m	Ingress of water in harmful quantity shall not be possible when the enclosure is immersed in water under defined conditions of pressure and time (up to 1 m of submersion).
8	Immersion beyond 1m	The equipment is suitable for continuous immersion in water under conditions which shall be specified by the manufacturer. Normally, this will mean that the equipment is hermetically sealed. However, with certain types of equipment, it can mean that water can enter but only in such a manner that it produces no harmful effects.

4.2 Spektrometrin kotelo

Tason IP 65 pääteltiin taulukon perusteella olevan sopiva suojaustaso spektrometrille ja sylinterin toimintaa ohjaavalle ajastimelle. IDE:n luettelosta (7, s. 3) valittiin malli CD13PT, joka mittojensa puolesta on käyttökelpoinen tähän tarkoitukseen. Malli on myös varustettu DIN-kiskolla, johon ajastin kiinnittyy suoraan, ja spektrometrille tehtiin KW2-tyyppisistä DIN-kiinnitysrousista ja M5-kierretangosta teline, jolla saatiin kokemusperäisesti tukeva ja periksi antamaton kiinnitys kiskoon. Läpiviennit avattiin akkuporakoneella sopivista paikoista valokuitua, spektrometrin USB-johtoa ja ajastimen virtajohtoa varten. Läpiviennit tiivistettiin kumisilla läpivientitulpilla ja varmistettiin sisältä eristysteipillä. Laitekotelo on esitetty kuvassa 12.

 IP65	Commercial Ref.		
	CD13PT/RR		
	CD13PT		
	<i>Grey with transparent window*</i>		
	CD13PO/RR		
	CD13PO		
<i>Grey with opaque window*</i>			
TYPE: 55S12 - 1x12 modules DIN rail			
Cable entries sup.: 3xM20/25 - 3xM25/32 - 1xM32/40			
inf.: 3xM20/25 - 3xM25/32 - 1xM32/40			

Kuva 12. Laitekotelo valmistajan tuotekuvastossa (7, s. 3)

5 YHTEENVETO

Tässä työssä tehtiin parannuksia terästehtaan valokaariuunin päälle sijoitettuun spektrometrilaitteistoon, joka mittaa erityisen mitta-aukon kautta uunista lähtevää infrapunasäteilyä. Lämpötila uunin päällä käy tuotannon aikana useissa sadoissa asteissa, uunin kansi liikahtelee ja ympäristössä esiintyy runsaasti kuonapölyä. Erityinen ongelma mittapään toiminnan kannalta oli uunissa roisku kuva kuona, joka helposti tukkii mitta-aukon. Alkutilannetta on kuvattu lähtötietomuistiossa (liite 1).

Näihin olosuhteisiin tuotettiin kestävä ja luotettava ratkaisu spektrometrin jatkuvan ja luotettavan toiminnan varmistamiseksi. Tuloksena oli yksinkertaisiin periaatteisiin perustuva edullinen telinerakenne, jonka säätövara on portaaton. Mittapääyksikkö (liite 2) liikkuu kiskoa pitkin ja sillä on suuri säätövara, joten se on helposti asetettavissa spektrometrin kannalta optimaaliseen asentoon. Mittaukkoa pitää avoimena itsenäisesti toimiva paineilmatoiminen sylinteriyksikkö (liite 3), joka asetetaan omalle kiskolleen mittapääyksikön välittömään läheisyyteen. Ajastimen ohjaama sylinteri irrottaa mitta-aukkoon kertyvää kuonaa. Laitteiston toiminta oli luotettavaa ja ominaisuudet merkittävä parannus alkutilanteeseen nähden.

Työn aikataulu oli rakenteen suunnitteluvaiheessa tiukka, koska työtä tuli tehdä koulutyön ohessa, joten havaittuihin puutteisiin piti usein kehittää ratkaisu nopeastiideoimalla. Tästä huolimatta systemaattisessa metodissa pysyttiin sikäli, että kaikki tärkeät rakenneratkaisut lyötiin lukkoon VDI 2222:n määrittämällä tavalla aloittaen tehtävän määrittämisestä ja reunaehtojen vahvistamisesta edeten järjestelmällisesti viimeistelyvaiheen piirustusten luomiseen.

Moni työn kannalta olennainen seikka, eritoten iskupään muoto, on kokeellinen kysymys, johon ei ole kirjallisuudessa tarjolla vastausta kyseisissä olosuhteissa. Näihin haasteisiin kyettiin kuitenkin tyydyttävällä tavalla vastaamaan. Rakenteen haittapuolena voidaan pitää painoa, eikä muotoiluun ollut työlle annetussa aikataulussa mahdollista kiinnittää huomiota.

LÄHTEET

1. Beitz, Wolfgang – Pahl, Gerhard 1990. Koneensuunnitteluoppi. Suom. Uolevi Konttinen. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus OY.
2. Tuomaala, Jorma 1995. Luova koneensuunnittelu. Tampere: Tammertekniikka Ky.
3. Kontio, Esa 2012. T318208 Tuotekehitys 8 op. Opintojakson luentokalvot syksyllä 2012. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö. Saatavissa: <https://optima.oamk.fi/learning/id6/bin/user?rand=24231>. Hakupäivä 16.5.2014.
4. Jokinen, Tapani 1991. Tuotekehitys. Helsinki: Kyrri Oy.
5. Välimaa, Veikko – Kankkunen, Martti – Lagerroos, Olle – Lehtinen, Markku. 1994. Tuotekehitys. Helsinki: Opetushallitus.
6. IP Rating Chart. 2013. DSM&T Co. Inc. Saatavissa: <http://www.dsmt.com/pdf/resources/iprating.pdf>. Hakupäivä 3.12.2013.
7. Ecology Distribution Enclosures. 2013. IDE. Saatavissa: <http://www.ide.es/ProductoSubfamilia.aspx?catid=153>. Hakupäivä 30.12.2013.

LIITTEET

Liite 1 Lähtötietomuistio

Liite 2 Mittapääyksikkö Oulun yliopiston konepajalla

Liite 3 Sylinteriyksikkö Oulun yliopiston konepajalla

Liite 4 Mittapääyksikön kokoonpanopiirustus

Liite 5 Sylinteriyksikön kokoonpanopiirustus



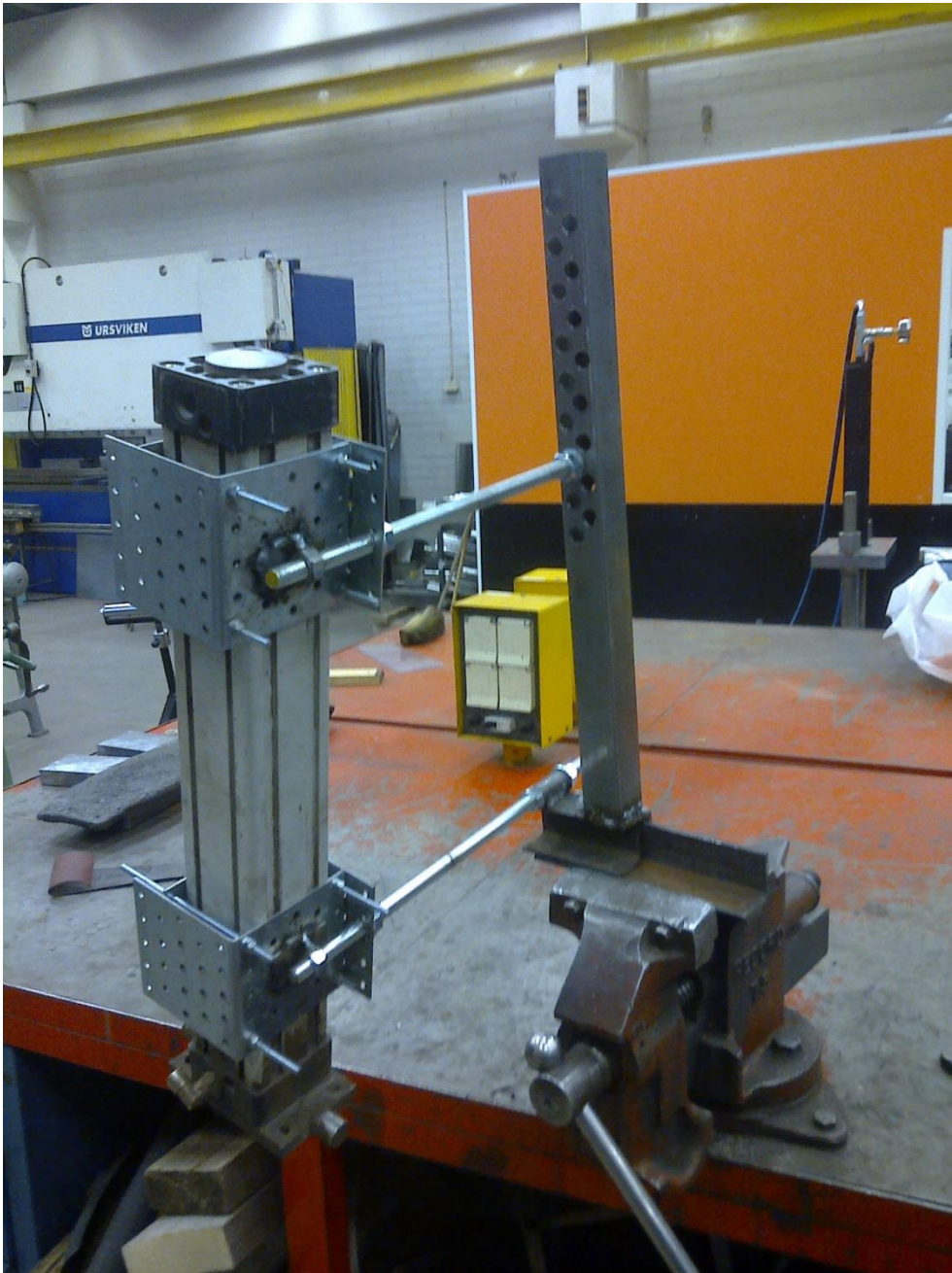
LÄHTÖTIEDOMUISTIO

Työn tiedot	Tekijä ¹	Tilaaja ²
	Väinö Tervonen	Prosessimetallurgian laboratorio
	Tilaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot ³	
	Matti Aula, Matti.aula@oulu.fi Prosessimetallurgian laboratorio PL 4300 Oulun yliopisto	
	Työn nimi ⁴	
	Valokaariuunin anturilaitteiston kehitys	
	Työn kuvaus ⁵	
<p>Mittapää sijaitsee valokaariuunin päällä, ja tarkkailee pienestä reiästä uunista tulevan säteilyn spektriä. Mittapäälle tulee jäähdyttävä paineilmaletku, jonka sisällä kulkee valokuitu.</p> <p>-Uunin kansi liikkuu ja uuni itsessään kallistelee kun sitä tyhjennetään. Tämä aiheuttaa rasituksia anturille menevissä johdoissa, ja johdot katkeilevat.</p> <p>-Uunissa roiskuva kuona tukkii mittareian helposti, eikä nykyinen paineilmasylinterillä toteutettu aukaisulaite toimi tyydyttävästi.</p> <p>-Sularoiskeet saattavat tuhota mittapään</p> <p>-Uunin aukoista iskee voimakkaita liekkejä sulatuksen ollessa päällä. Nämä liekit voivat vahingoittaa koko mittausjärjestelmää</p> <p>-Uunin päälle saattaa lennellä sularoiskeita, ja elektrodeista pudota painaviakin kappaleita.</p>		
Työn tavoitteet ⁶		
<p>-Uusi iskupää on kehitettävä ja automatiikkaa parannettava.</p> <p>-Laitteisto on suojattava sularoiskeilta, iskuilta, liekeiltä ja lämpökuormilta</p> <p>-Johdotuksen toimivuutta on parannettava</p> <p>-Edullisempien materiaalien käyttöä on selvitettävä</p>		
Tavoiteaikataulu ⁷		
Suunnitteluosio valmis 5.12.2013		
Päiväys ja allekirjoitukset ⁸		
/ / Tekijän allekirjoitus		24.9.2013 Tilaajan allekirjoitus Matti Aula

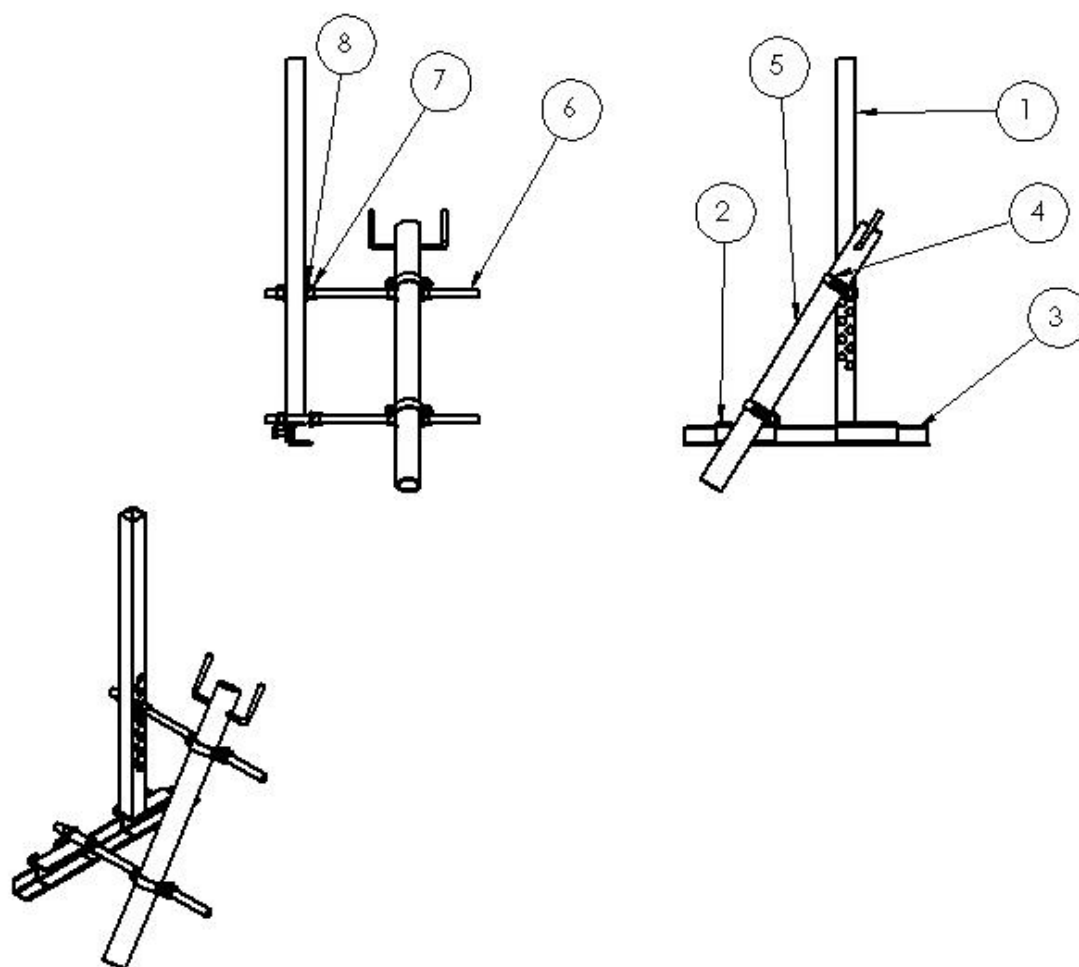
1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite.
2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi.
3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta.
4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan.
5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat.
6. Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet.
7. Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa.
8. Lähtötietomuuisto päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaajan yhdyshenkilö



Mittapääyksikkö Oulun yliopiston konepajalla



Sylinteriyksikkö Oulun Yliopiston konepajalla


Tehdään 1 kpl

NRO	OSA	TIEDOT	LKM
1	Mittapään pystytanko	Piirustusnro A1	1
2	Alatuki	Piirustusnro A2	1
3	Kisko	Piirustusnro A3	1
4	Mittapään kiinnitysholkki	Piirustusnro A4	2
5	Mittapää	Piirustusnro A5	1
6	Kierretanko	M12	2
7	Mutteri	M12	8
8	Aluslevy	M12	8

	Yleistiedot SFS-EN 22768-1 SFS-EN ISO 13920	Asiakas Prosessimetallurgian laboratorio	Suunnittelija Väinö Tervonen	Pvm 30.12.2013
	Massa kg	Projekti Valokaariuunin anturilaitteisto	Tarkastaja	Pvm
	Mittakaava A4 1:10	Työnumero	Hyväksyjä	Pvm
	Nimitys Mittapään kiinnityslaite	Piirustusnumero	Rekisto	

Rev	Muutos	Pvm	Suunnittelija																																				
<p>Tehdään _____ kpl</p>																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NRO</th> <th>OSA</th> <th>TIEDOT</th> <th>LKM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Sylinterin Pystytanko</td> <td>Piirustusnro B1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Kisko</td> <td>Piirustusnro B2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Kierretanko</td> <td>Piirustusnro B3</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Sylinterin pidike</td> <td>Piirustusnro B4</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Iskupää</td> <td>Piirustusnro B5</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Mutteri</td> <td>M12</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Aluslevy</td> <td>M12</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Pultti</td> <td>M10</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>				NRO	OSA	TIEDOT	LKM	1	Sylinterin Pystytanko	Piirustusnro B1	1	2	Kisko	Piirustusnro B2	1	3	Kierretanko	Piirustusnro B3	2	4	Sylinterin pidike	Piirustusnro B4	2	5	Iskupää	Piirustusnro B5	1	6	Mutteri	M12	6	7	Aluslevy	M12	6	8	Pultti	M10	2
NRO	OSA	TIEDOT	LKM																																				
1	Sylinterin Pystytanko	Piirustusnro B1	1																																				
2	Kisko	Piirustusnro B2	1																																				
3	Kierretanko	Piirustusnro B3	2																																				
4	Sylinterin pidike	Piirustusnro B4	2																																				
5	Iskupää	Piirustusnro B5	1																																				
6	Mutteri	M12	6																																				
7	Aluslevy	M12	6																																				
8	Pultti	M10	2																																				
Yleis toleranssi SFS-EN 22768-1 SFS-EN ISO 13920		Asiakas Prosessimetallurgian laboratorio																																					
Massa 7,21 kg		Suunnittelija Väinö Tervonen																																					
Mittoaste A4 1:10		Pvm 12.12.2013																																					
		Tarkastaja																																					
Työnumero		Hyväksytty																																					
Nimi Iys		Piiirustuksen numero																																					
Sylinterin kiinnityslaite		Reuisto																																					